ห้องสมุดกณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

**เรื่อง**

**การศึกษาผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู**

**( Effect of extracts from red sorrel on the nitrite residue in pork sausages)**

**จัดทำโดย**

**นายทวีศักดิ์ อมรปิยะกฤษฐ์ 46040199**

**นายนันทพันธ์ พึ่งประเสริฐ 46040208**

b.11779b15
i.....

**ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก**

..... 5 / 4 / 2550 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21751

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การศึกษาผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู

# ( Effect of extracts from red sorrel on the nitrite residue in pork sausages)

**จัดทำโดย**

**นายทวีศักดิ์ อมรปิยะกฤษฐ์ 46040199**

**นายนันทพันธ์ พึ่งประเสริฐ 46040208**

ปพ.
ท229ก
2549
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96766
วัน,เดือน,ปี.....

**รายงานปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต**

**ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายทวีศักดิ์ อมรปิยะกฤษฐ์ นายนันทพันธ์ พึ่งประเสริฐ . 2549 : การศึกษาผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู ( Effect of extracts from red sorrel on the nitrite residue in pork sausages) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

## บทคัดย่อ

จากการทดลองเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง 3 ระดับ(0 ,0.3 และ0.5 %โดยน้ำหนัก) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่มีปริมาณไนไตรท์ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) โดยบรรจุในถุง PE ปิดผลึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าค่า pH ของไส้กรอกหมูทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่างไส้กรอก โดยติดตามค่า a* พบว่าตัวอย่างไส้กรอกที่ไม่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงมีแนวโน้มของค่า a* ลดลงเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ในขณะที่ตัวอย่างไส้กรอกที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงทั้งสองระดับมีค่า a* เพิ่มขึ้น ในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง ในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณไนไตรท์จะลดลงมากขึ้นเมื่อระดับสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่เติมมากขึ้น จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดง มีความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูได้

นายทวีศักดิ์ อมรปิยะกฤษฐ์ ..... 5/4/2550

ลายมือชื่อนักศึกษา (ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม) (วัน/เดือน/ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งในการจัดทำครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับเกียรติจาก ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม มาเป็นที่ปรึกษาปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าและได้กรุณาสละเวลาอันมีค่า มาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างมาก รวมถึงการแก้ไขในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่ทำให้รายงานและการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สมบูรณ์มาก นอกจากนี้ก็ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนและคอยเอาใจช่วยให้การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ทวีศักดิ์ อมรปิยะกฤษฐ์
นันทพันธ์ พึ่งประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| สารบัญ | ค |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญรูป | จ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 2.1 ไส้กรอก | 2 |
| 2.2 กระเจี๊ยบแดง | 2 |
| 2.3 ไนไตรท์ในเนื้อสัตว์ | 4 |
| 2.4 อันตรายจากการใช้ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ | 4 |
| 2.5 การลดปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ | 5 |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการทำลายไนไตรท์ของสารสกัดจากพืช | 5 |
| บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 7 |
| 3.1 วัสดุอุปกรณ์ | 7 |
| 3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง | 8 |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง | |
| 4.1 การเตรียมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง | 12 |
| 4.2 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู | 12 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 20 |
| เอกสารอ้างอิง | 21 |
| ภาคผนวก | |
| ก. การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด | 22 |
| ข. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด | 24 |
| ค. การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอก | 26 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมู ที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 13

4.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (เปรียบเทียบกับกรดซิตริก) ในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ที่ความเข้มข้นต่างกัน 14

4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงสี ค่า a* ที่ผิวด้านนอกของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติม สารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 16

4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงสี ค่า a* ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัด กระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 17

4.5 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ตกค้างในระหว่างการเก็บรักษา ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่าง ไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 13

4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (เปรียบเทียบกับกรดซิตริก) ในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ที่ความ เข้มข้นต่างกัน 14

4.3 การเปลี่ยนแปลงสี ค่า a*ที่ผิวด้านนอกของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติม สารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 16

4.4 การเปลี่ยนแปลงสี ค่า a*ที่ผิวด้านในของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติม สารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 17

4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ตกค้างในระหว่างการเก็บรักษา ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน 19

ก1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ โพลีฟี นอลทั้งหมดในสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 23

ค1 กราฟมาตรฐานสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง ในไส้กรอกหมู 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลายชนิด จะมีการเติมสารประกอบไนเตรทและ หรือไนไตรท์ในส่วนผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* นอกจากนี้สารประกอบไนไตรท์ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้กลิ่นรสเฉพาะและทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีสีชมพู หรือ สีแดงที่คงตัว อย่างไรก็ตาม สารประกอบไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีน ( amines ) เกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม เอ็น-ไนโตรโซ ( N – nitroso compounds ) ได้แก่ เอ็น-ไนโตรซามีน( N – nitrosamine ) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (ชัยณรงค์, 2529) ดังนั้นจึงมีกฎหมายควบคุมปริมาณสารประกอบไนเตรท ไนไตรท์ ที่อนุญาตให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 พ.ศ. 2527 โดยกำหนดให้มีไนเตรทในอาหารไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไนไตรท์ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ( ชัยณรงค์, 2529 )

การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนในกลุ่ม เอ็น-ไนโตรโซ ( N – nitroso compounds ) จากการทำปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์กับสารประกอบเอมีน สามารถเกิดได้ทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในระหว่างกระบวนการแปรรูป หรือ เกิดขึ้นได้ในทางเดินอาหารของคนเรา เนื่องจากการบริโภคอาหารที่มี ไนไตรทเป็นองค์ประกอบ ( เยาวลักษณ์, 2546 ) ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่างๆ ให้ลดลงด้วยการเติมวัตถุเจือปนอาหารต่างๆ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก หรือ วิตามินซี ซึ่งพบว่าสามารถช่วยลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกได้ ( เยาวลักษณ์, 2546 ) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า สารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชชนิดต่างๆ มีสมบัติในการทำลายสารประกอบไนไตรท์ได้ดี ( John and Marchal , 1995 ) ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ซึ่งมีองค์ประกอบขอสารประกอบฟีนอลิกสูง ( เยาวลักษณ์, 2546 ) ต่อการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ข้อมูลที่ได้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่อไป

## 1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.ศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีบางประการของไส้กรอกหมู

2. ศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและวารสารปริทัศน์

## 2.1 ไส้กรอก

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อมาบดหรือสับให้ละเอียด ผสมเกลือ เครื่องเทศ และเครื่องปรุงอื่น ๆ บรรจุในไส้กรอกหรือแบบพิมพ์ ความแตกต่างของไส้กรอกขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนผสมหรือเครื่องเทศที่ใช้ สัดส่วนของเนื้อและไขมัน ชนิดของเนื้อ ขนาดหรือชนิดของไส้และวิธีการทำไส้กรอก (จินตนา,2529)

แบ่งตามลักษณะกรรมวิธีการผลิต ได้ 4 ประเภท ดังนี้

1)ไส้กรอกรมควัน เป็นไส้กรอกที่ใช้เนื้อบด ผสมเครื่องปรุงบรรจุในไส้ และผ่านการรมควันเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสดี และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ได้นานขึ้น

2) ไส้กรอกสุก เป็นไส้กรอกที่ใช้เนื้อบด ผสมเครื่องปรุงในไส้ และทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันที และไม่ผ่านการรมควัน

3) ไส้กรอกหมักแห้ง เป็นไส้กรอกที่ต้องผ่านขั้นตอนการหมักให้มีรสเปรี้ยวก่อนทำให้แห้ง เก็บได้นานในสภาพที่เย็น อากาศแห้ง และมีความชื้นต่ำ

4) ไส้กรอกสด เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสด บดและผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้มัดเป็นปล้องๆ และเก็บไว้ในตู้เย็นหรือตู้แช่เข็ง เมื่อรับประทานก็นำมาทำให้สุก ไส้กรอกชนิดนี้ถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม จะเน่าเสียได้ง่าย

แบ่งตามลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) ไส้กรอกบดหยาบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดธรรมดาแต่ยังมองเห็นชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์

2) ไส้กรอกบดละเอียด เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกันมีลักษณะเหนียว

## 2.2 กระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบแดง เป็นพืชล้มลุกที่ปลูกได้ทั่วไปในประเทศที่อยู่เขตร้อนโดยมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa* Linn อยู่ในตระกูลของ MALVACEAE มีชื่อภาษาอังกฤษว่า red sorrel กระเจี๊ยบแดงเริ่มรู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ทางอาหารและเภสัชตั้งแต่ปีค.ศ. 1658 ประโยชน์ทางอาหารของกระเจี๊ยบแดงส่วนใหญ่นำมาประกอบอาหารเช่นทำเครื่องดื่ม แยม เยลลี่ ซอสไวน์ และใช้เป็นสีผสมอาหาร สำหรับประโยชน์ทางการแพทย์และเภสัชกระเจี๊ยบแดงสามารถใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคต่างๆ เช่น ความดันโลหิตสูงและมะเร็ง เป็นต้น จากรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Lee และคณะ (2002) พบว่ากรดโปรโตแคทีชิวอิค (protocatechic , PCA ) ที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบแดงมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยกรดชนิดนี้จะทำหน้าที่จับกับโลหะไอออนเช่น $Cu^{2+}$ ซึ่งโลหะไอออนนี้จะมีผลไปกระตุ้นไลโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein ) ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นเมื่อขาด $Cu^{2+}$ ที่เป็นสารกระตุ้นทำให้การเกิดออกซิเดชันของไลโพโปรตีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลดลงเป็นผลทำให้ความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจลดลงด้วย และจากการศึกษาในระบบจำลองของ Chewonarin และคณะ(1999) พบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยเอทานอล 80% มีผลยับยั้งการกลายพันธุ์ในเชื้อ Salmonella typhimurium ได้ถึง 60-90% และสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงยังมีผลเป็นสารต้านมะเร็งธรรมชาติ (natural chemopreventive) ด้วยโดยทางการแพทย์จะใช้)เป็นสารยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงยังมีสมบัติทำลายเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้จากการศึกษาของ EL-Shayeb และMabrouk (1984) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงสามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา Aspergillus flavus ได้และยังมีผลยับยั้งการก่อตัวของสารอะฟลาทอกซิลได้ 42-85% นอกจากการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อราแล้ว สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงยังมีผลทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกหลายชนิด เช่น E.coli , Pasteurella multocida , Streptococcus , Proteus vulgaris และ Pyocyanus (Mishra *et al*., 1999)

องค์ประกอบของกระเจี๊ยบแดงส่วนใหญ่ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคส กรดซัคซินิค (succinic acid) และกรดออกซาลิค (oxalic acid) เนื่องจากมีกรดเป็นองค์ประกอบหลายชนิดทำให้กระเจี๊ยบแดงมีพีเอชอยู่ระหว่าง 2-3 ซึ่งมีผลให้กระเจี๊ยบแดงมีรสชาติเปรี้ยว สีแดงของกลีบกระเจี๊ยบประกอบด้วยรงควัตถุที่จัดอยู่ในกลุ่มของเฟลโวนอยล์ รงควัตถุนี้มีชื่อว่า แอนโธไซยานิน นิยมใช้เป็นสารให้สีแดงในแยม เยลลี และเครื่องดื่มน้ำผลไม้ แอนโธไซยานินในกระเจี๊ยบแดงประกอบด้วย เดลฟินิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ (delphinnidin -3- sambubioside)เป็นรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีม่วงแดงในกระเจี๊ยบแดงโดยมีปริมาณมากที่สุด รงควัตถุที่พบรองลงมาคือ ไซยานิน-3-แซมบูบิโอไซด์ (cyaniding-3-sambubioside)โดยอัตราส่วนของรงควัตถุทั้งสิงชนิดในกระเจี๊ยบแดงเป็นร้อยละ 70.9:29.1 ของปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดในกระเจี๊ยบแดงพบว่าใน 100กรัมของกระเจี๊ยบแดงแห้ง จะมีแอนโธไซยานินอยู่ 1.5 กรัม (ในรูปของน้ำหนักแห้ง) ซึ่งแอนโธไซยานินที่วิเคราะห์ได้นี้แสดงอยู่ในรูปของเดลฟินิดิน-3-กลูโคไซด์ (delphinnidin-3-glucoside)(Bridle and Timberlake, 1997) แอนโธไซยานินมีสมบัติละลายน้ำได้ดีในน้ำ อะซิโตน และแอลกอฮอล์ ไม่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์ และเบนซีน สีของแอนโธไซยานินสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามความเป็นกรด-ด่าง คือในสภาพที่เป็นกรดจะให้สีแดงเข้ม ในสภาพที่เป็นกลางจะให้สีชาแดง และในสภาพที่เป็นด่างจะให้สีเขียวคล้ำจนถึงสีชาแก่ เนื่องจากสีของแอนโธไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงมีสีสันสวยงาม จึงนิยมใช้เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติซึ่งสามารถใช้แทนสีผสมอาหารชนิดสังเคราะห์ได้ดี และสมบัติอีกอย่างหนึ่งของแอนโธไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระเจี๊ยบแดงคือเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์พบว่าแอนโธไซยานินมีส่วนช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองและสัตว์ทดลองได้เป็นอย่างดี (Tee *et al*., 2002; Duh and Yen, 1997;Tseng *et al*., 1997) ดังนั้นจึงทำให้แอนไซยานินมีความสำคัญในแง่อื่นๆ มากขึ้นนอกจากใช้เป็นสีผสมอาหาร

## 2.3 ไนไตรท์ในเนื้อสัตว์

ไนเตรทและไนไตรท์ (nitrate and nitrite) มีการใช้อย่างกว้างขวางในการแปรรูป และการรักษาคุณภาพเนื้อสัตว์ การเติมสารประกอบไนเตรทและ หรือไนไตรท์ในส่วนผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* นอกจากนี้สารประกอบไนไตรท์ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้กลิ่นรสเฉพาะและทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีสีแดงชมพูหรือสีแดงที่คงตัว ( ชัยณรงค์, 2529 ) สารประกอบไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีน (amines) เกิดเป็นสารประกอบในกลุ่ม เอ็น-ไนโตรโซ ( N – nitroso compounds ) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง สามารถเกิดได้ทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในระหว่างกระบวนการแปรรูป หรือ เกิดขึ้นได้ในทางเดินอาหารของคนเรา เนื่องจากการบริโภคอาหารที่มีไนไตรท์เป็นองค์ประกอบ ( ชัยณรงค์, 2529 ) ร่างกายคนปกติสามารถดูดซึม ไนเตรทและไนไตรท์จากระบบทางเดินหารอย่างรวดเร็ว ไนเตรทที่ถูกดูดซึมจะขับถ่ายออกมาอย่างรวดเร็ว ไนเตรทที่ถูกดูดซึมดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิน เกิดเมทฮีโมโกลบิน (methaemoglobin) ซึ่งในผู้ใหญ่จะเปลี่ยนไปเป็น ออกซี-ฮีโมโกลบิน โดย reducing systems เช่น NADH - methaemoglobin reductase ในเด็กอายุไม่เกิน 3 เดือน และสัตว์ที่มีอายุน้อยๆ ระบบการทำงานของเอ็นไซม์ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ ดังนั้นเมทฮีโมโกลบิน จะเพิ่มมากขึ้น มีผลให้เกิดโรค methaemoglobinaemia

## 2.4 อันตรายจากการใช้ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (จินตนา,2529)

อันตรายทางตรง การบริโภคไนไตรท์มากกว่า 4 กรัมต่อวัน ในผู้ใหญ่อาจทำให้มีอาการอาเจียน และอุจจาระเป็นเลือดเนื่องจากเกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร ลำไส้ และเยื่อบุทางเดินอาหาร ในเด็กทำให้เกิดโรคเมทฮีโมโกลไบนีเมีย(methemoglobinemia)โดยไนไตรท์รวมตัวกับฮีโมโกลบินเกิดเป็นเมท-ฮีโมโกลบินทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแกมเทา โดยเริ่มจากริมฝีปาก นิ้วมือ นิ้วเท้า หน้าและลำตัว ถ้ามีอาการมากจะสามารถเสียชีวิตได้ การบริโภคไนไตรท์มากกว่า 8 กรัมต่อวัน สามารถทำให้เสียชีวิตได้อย่างเฉียบพลัน

อันตรายทางอ้อม ไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีนที่มีฤทธิ์เป็นสารก่อมะเร็ง ในมนุษย์และสัตว์ สารประกอบไนโตรซามีนที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อ คือไนโตรไดเมทิลลามีน(nitrosodimethylamine),ไนโตรโซพิเพอริดีน(nitrosopiperidine),ไนโตรโซไพร์โรลิดีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(nitrosopyrrolidine) ส่วนใหญ่ไนโตรโซไดเมทิลลามีน(nitrosodimethylamine) จะพบในผลิตภัณฑ์เนื้อ และไนโตรโซไพรโรลิดีน(nitrosopyrrolidine) จะพบในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง เช่น เบคอน

**2.5 การลดปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์**

ประเทศไทยอนุญาตให้ใช้โซเดียม หรือโพแทสเซียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในรูปโซเดียม หรือโพแทสเซียมไนเตรตไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2527) โซเดียมไนไตรท์มีสูตรทางเคมีคือ $NaNO_2$ มีน้ำหนักโมเลกุล 69.0 มีลักษณะผลึกสีขาวเหลือง ไวต่อความชื้น สามารถละลายได้ดีในน้ำและละลายได้เล็กน้อยในแอลกอฮอร์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีการใช้ไนไตรท์อย่างแพร่หลาย เพราะไนไตรท์ให้สมบัติที่ต้องการมากมายในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ เป็นสารป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ป้องกันการเกิดกลิ่นหืนเนื่องปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ แต่การใช้ไนไตรท์มากไปอาจเกิดอันตรายแก่ร่างกาย ปัจจุบันยังไม่มีสารใด ๆที่มีคุณสมบัติสามารถใช้แทนไนไตรท์ แต่ได้มีแนวทางในการลดปริมาณไนไตรท์ 2 แนวทาง คือ การใช้ไนไตรท์ร่วมกับสารรีดิวซิงเช่น กรดแอสคอร์บิค อีริธอร์บิค และโทโคฟีรอล สามารถยับยั้งการเกิดไนโตรโซไดเมทิลลามีน และ ไนโตรโซไดเอทิลลามีน ส่วนโทโคฟีรอล สามารถยับยั้งการเกิดไนโตรไพร์โรลิดีน หรือลดปริมาณการใช้ไนไตรท์ร่วมกับการใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารให้สี เช่น เบทานีน เบต้าแคโรทีน และเลือด การลดปริมาณไนไตรท์อาจจำเป็นต้องใช้สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น บีเอชเอ (จินตนา,2529)

**2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการทำลายไนไตรท์ของสารสกัดจากพืชและวัตถุเจือปนบางชนิด**

Kang และคณะ(2006) ได้ศึกษาเพื่อดูความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ของสารสกัดจากเปลือกพืชตระกูลส้ม พบว่าเปลือกพืชตระกูลส้มที่ระดับความเป็นกรดด่างที่แตกต่างกัน คือที่ pH 1.2 , 4.2 และ6.0 จะมีความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์ได้ 55% , 8% และ 4% ตามลำดับ นอกนี้ยังมีรายงานว่าที่ค่าความเป็นกรดต่ำ สารประกอบฟีนอลิกจะสามารถทำงานได้ดีกว่า

Fernandez – Gines และคณะ (2004) ได้ศึกษาเพื่อดูผลของการเติมของ Lemon Albedo ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันลงในไส้กรอกบาโลนา จากงานวิจัยพบว่านอกจากการเติม Lemon Albedo ลงในไส้กรอกบาโลน่าจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารแล้ว ยังสามารถเกิดชีวปฏิกิริยา ซึ่งส่งผลต่อการลดปริมาณไนไตรท์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยพบว่าการใช้ Lemon Albedo ที่ระดับความเข้มข้น 2.5% - 5% จะให้ผลดีในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pourazrang และคณะ(2002) ได้ศึกษาผลของการใช้วิตามินซี (L – ascorbic acid ) และวิตามินอี ต่อการยับยั้งการเกิดสารสารประกอบ เอ็น – ไนโตรโซ ในตัวอย่างไส้กรอก พบว่า วิตามินซี มีผลต่อการลดการเกิดสารประกอบเอ็น – ไนโตรโซ และจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ร่วมกับวิตามินอี โดยวิตามินอีจะมีหน้าที่ไปช่วยส่งเสริมการทำงานของวิตามินซี แต่พบว่าการใช้วิตามินอีเพียงอย่างเดียวจะไม่มีผลต่อการลดการเกิดสารประกอบเอ็น – ไนโตรโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. อุปกรณ์เตรียมสารสกัด

| | |
|---|---|
| - เครื่องระเหยสุญญากาศ | Rotavapor BOUCHI B - 114 |
| - ปั๊มสุญญากาศ | Vacuum system BUCHI B – 169 |
| - อ่างควบคุมอุณหภูมิ | Water bath BUCHI B – 480 |
| - เครื่องทำความเย็น | Cooling รุ่น CBD 1 |
| - เครื่องชั่งชนิดละเอียด | Metter AE 3000 |
| - เครื่องบดหยาบ | Blender MX – T 100N |

2. อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเคมี

| | |
|---|---|
| - เครื่องวัดการดูดกลืนแสง | Spectrophotometer 22 |
| - เครื่องวัด pH | WTW / Inolab Level 1 |
| - เครื่องวัดสี | Minolia CR – 300 |

3. อุปกรณ์ในการทำไส้กรอก

| | |
|---|---|
| - เครื่องบดเนื้อ | US Berkel |
| - เครื่องบรรจุไส้ | Poussoir couper R 201 |
| - เครื่องบรรจุสุญญากาศ | Sammic S.A. |
| - เครื่องสับผสม | |
| - ตู้อบลมร้อน (try dryer) | |

## 3.2 วัตถุดิบ

1) กระเจี๊ยบแดง ( Red sorrel ) ยี่ห้อเทสโก้โลตัส จากเทสโก้โลตัส สาขา พระรามที่ 1

2) วัตถุดิบที่ใช้ทำไส้กรอก

- เนื้อหมูส่วนสะโพกจากตลาดบางกะปี กรุงเทพ
- มันหมูแข็งจากตลาดบางกะปี
- พริกไทย
- กระเทียม
- อบเชย
- ลูกจันทน์
- ลูกผักชี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารฟอสเฟต
- น้ำแข็ง
- โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองผง
- ไข่ขาวผง
- น้ำมันพืช
- กลิ่นควัน
- ไส้เทียม
- โซเดียมไนไตรท์

3) สารเคมี

- เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %
- กรดแกลลิก
- Folin – Ciocalieu
- โซเดียมคาร์บอเนต($Na_2CO_3$)
- N-(1-naphthyl) ethylenediamine.2HCI (NED reagent)
- Sulfanilamide reagent

## 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

### 3.3.1 การเตรียมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

นำกระเจี๊ยบแดงแห้งชั่งน้ำหนัก 100 กรัม ปั่นผสมกับเอธานอล 95 % ปริมาตร 1 ลิตร โดยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ที่ความเร็วสูงสุดเป็น เวลา 3 นาที จากนั้นถ่ายใส่บีกเกอร์ทรงสูง แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยคนทุกๆ 10 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 โดยใช้กรวยกรองบุชเนอร์ นำสารละลายที่ได้ นำไประเหยเอาตัวทำละลายออกให้หมด โดยใช้ เครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป

### 3.3.2 การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะใช้วิธีรายงานโดยประพันธ์ และวันทนีย์ (2545) โดยที่สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะทำปฏิกิริยากับ Folin Coicalteu เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ก

### 3.3.3 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู

#### 3.3.3.1 การเตรียมตัวอย่างไส้กรอกหมู

การเตรียม Pre-Emulsion

ชั่งโปรตีนถั่วเหลืองสกัดผง 100 กรัม ใส่ลงในโถของเครื่องผสมแป้งค่อย ๆ เติมน้ำเย็นปริมาณ 400 กรัม ผสมให้โปรตีนกระจายตัวและดูดซับน้ำไว้จนหมดก่อน โดยใช้ไม้ตีหัวโบเสร็จแล้วเติมน้ำมันพืชปริมาณ 400 กรัม ลงในส่วนผสมพร้อมกับตีผสมตลอดเวลา ค่อย ๆ เททีละน้อยจนหมด แล้วเพิ่มความเร็วในช่วงหลังให้แรงขึ้นเพื่อให้ไขมันกระจายตัวและคงตัวดี ในส่วนผสม Pre-Emulsion ที่ได้เก็บแช่เย็นที่ 2-5 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

ส่วนผสมไส้กรอกหมู

| | | |
|---|---|---|
| เนื้อหมู 3000 กรัม | มันแข็ง 400 กรัม | น้ำแข็ง 900 กรัม |
| น้ำตาล 24 กรัม | พริกไทยป่น 12 กรัม | ไข่ขาวผง 24 กรัม |
| ดอกจันทร์ป่น 2.4 กรัม | อบเชย 0.9 กรัม | ฟอสเฟต 15 กรัม |
| ผงชูรส 7.5 กรัม | กลิ่นควันผสม 12 กรัม | โซเดียมไนไตรท์ 1.5 กรัม |

วิธีการทำไส้กรอกหมู

นำเนื้อหมูแช่เย็นจัดและหั่นเป็นชิ้นพอประมาณ บดละเอียด แล้วนำไปแช่เย็นจัดไว้ หั่นมันแข็งเป็นชิ้นเล็กและบดละเอียด นำเข้าแช่เย็นจัดไว้นำเนื้อบดใส่ลงในกระทะของเครื่องสับนวด เติมเกลือและบด 1 นาที เติมน้ำแข็ง และฟอสเฟต บดต่อ 2 นาที เติมมันแข็งและน้ำแข็ง เกลือไนไตรท์บดต่ออีก 2 นาที เติมส่วนผสมที่เหลือและสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแล้วบดจนเข้ากันดีเป็นมวลเหนียว บรรจุส่วนผสมใส่เครื่องบรรจุและอัดไส้เทียมมัดปล้องให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไส้กรอกเข้าตู้อบใช้อุณหภูมิ 80- 90 องศาเซลเซียส นาน 20- 30 นาที เสร็จแล้วมาต้มในน้ำร้อน 90 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที นำมาแช่เย็นในน้ำสะอาดและบรรจุในถุง PE ผลึกแบบสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

### 3.3.4 การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างไส้กรอกหมู

#### 3.3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างไส้กรอกมา 5 กรัม บดให้ละเอียด เอามาใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร นำไปนึ่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น นำไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 เอาสารละลายที่กรองได้นำไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ได้จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณกรด

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำลงไป 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอฟทาลีน 2-3 หยด แล้วนำไปไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติเกิดสีชมพู คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรด} = \frac{N \times V \times 64 \times 100}{1000 \times \text{กรัมตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล NaOH

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1นอร์มอล NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

64 = มวลโมเลกุลของกรดซิตริก

**3.3.4.2 การวัดค่า pH** (ดัดแปลงจาก AOAC,1984 โดยนภา,2529)

นำตัวอย่างไส้กรอกมา 20 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน วัดด้วยเครื่องวัด pH meter WTW / Inolab Level 1

**3.3.4.3 การวิเคราะห์สี**

วัดค่าสีของตัวอย่างไส้กรอกหมูทั้งส่วนผิวด้านนอกและผิวเนื้อด้านในด้วยเครื่องวัดสี Minolia CR – 300 นำตัวอย่างมาวัดค่า Hunter lab color วัดค่าสี L , a และ b โดยใช้แผ่น target mask ขนาดที่เหมาะสมกับตัวอย่างที่ต้องการวัด ในการทดลองครั้งนี้ใช้แผ่นขนาดกลาง สอบเทียบเครื่องวัดสีด้วย zero calibration Box CM-A12 และ White Calibration Plate ซึ่งตั้งค่าการวัดดังนี้

แหล่งกำเนิดแสง C (Light North Sky Daylight)

ค่ามุม 10 องศา แหล่งรวมแสงใช้ SCI (รวมแสงสะท้อน) ทำการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย 10 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตัวอย่างไส้กรอกทุกตัวอย่าง วางบนแผ่น target mask วัดค่า 10 จุดต่อ 1 ตัวอย่างอ่านค่าสีที่วัดได้ในระบบ L, a และ b ( ค่า L คือ ค่าความสว่าง, ค่า a คือ ค่าสีแดงและค่า b คือ ค่าสีเหลือง)

**3.3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอก**

การเตรียมตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก AOAC ,2000)

นำตัวอย่างไส้กรอกมาบดแล้วนำมาชั่ง 2.5 กรัม นำมามาใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณ 150 มิลลิลิตร นำไปนึ่งในลังถึง 2 ชั่วโมง โดยคนทุก ๆ 10 นาที นำมาทำให้เย็นโดยใช้น้ำเย็น นำมาถ่ายลงในขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเอาไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 นำสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอก

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ จะใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีรายงานโดย AOAC 2000 โดยที่สารประกอบไนไตรท์ จะทำปฏิกิริยากับ Reagent NED เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีชมพู ซึ่งสามารถติดตามโดยการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร ใช้โซเดียมไนไตรท์เป็นสารประกอบมาตรฐานในการทำกราฟมาตรฐาน รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดูได้จากภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 การเตรียมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง

จากการเตรียมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง โดยนำกระเจี๊ยบแดงแห้งชั่งน้ำหนัก 100 กรัม ปั่นผสมกับเอธานอล 95 % ปริมาตร 1 ลิตร โดยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ที่ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นถ่ายใส่บีกเกอร์ทรงสูง แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยคนทุกๆ 10 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 โดยใช้กรวยกรองบุชเนอร์ นำสารละลายที่ได้ ไประเหยเอาตัวทำละลายออกให้หมด โดยใช้ เครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่มีลักษณะข้นหนืด มีสีแดงคล้ำและมีกลิ่นเปรี้ยวของกรด

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ได้พบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 347 มิลลิกรัม / กรัมสารสกัด ค่า pH ของสารละลาย 20% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีค่าเท่ากับ 4.13

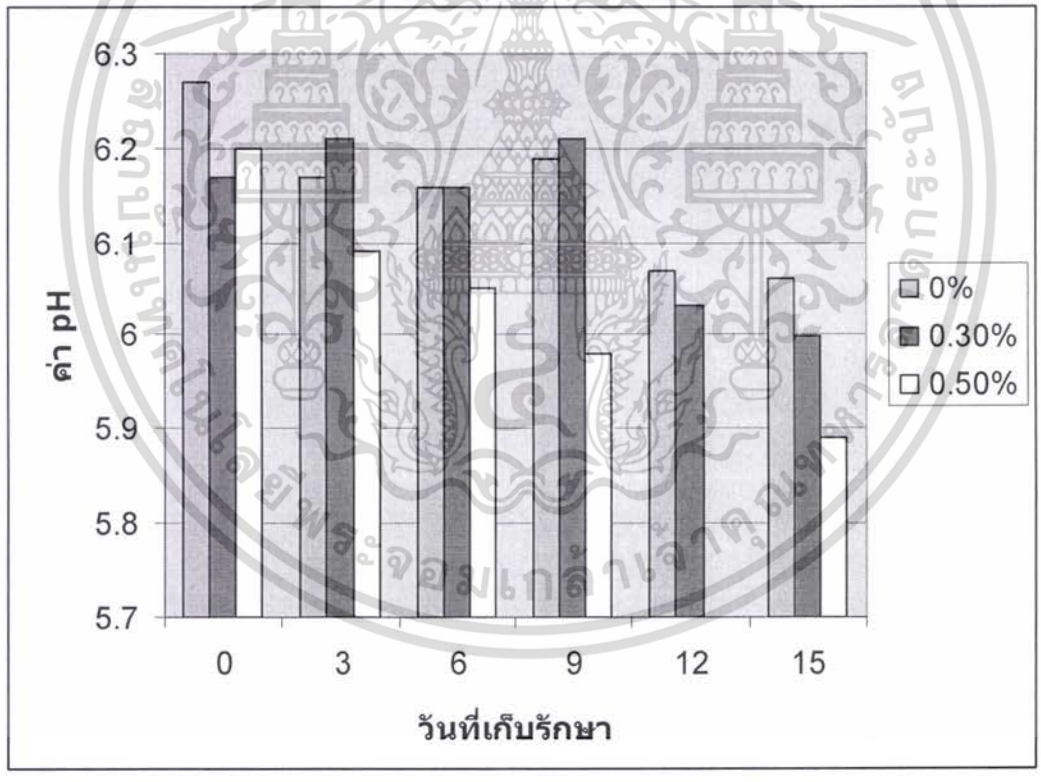
## 4.2 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพและปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู

จากการทดลองเตรียมไส้กรอกหมูที่มีปริมาณไนไตรท์ 500 ppm และเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง 3 ระดับ คือ 0, 0.3, และ0.5 % โดยน้ำหนัก บรรจุตัวอย่างไส้กรอกที่ได้ในถุง PE และปิดผนึกแบบสุญญากาศ นำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ15 ของการเก็บรักษา มาวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด สี (a*) ของผิวด้านนอกและเนื้อในไส้กรอกและปริมาณไนไตรท์ตกค้าง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1- 4.5 และรูปที่ 4.1- 4.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

| วันที่เก็บรักษา | ค่า pH ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง | | |
|---|---|---|---|
| | 0 % | 0.3% | 0.5% |
| 0 | 6.27 | 6.17 | 6.20 |
| 3 | 6.17 | 6.21 | 6.09 |
| 6 | 6.16 | 6.16 | 6.05 |
| 9 | 6.19 | 6.21 | 5.98 |
| 12 | 6.07 | 6.03 | 5.17 |
| 15 | 6.06 | 6.00 | 5.89 |




**รูปที่ 4.1** การเปลี่ยนแปลงค่า pHในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

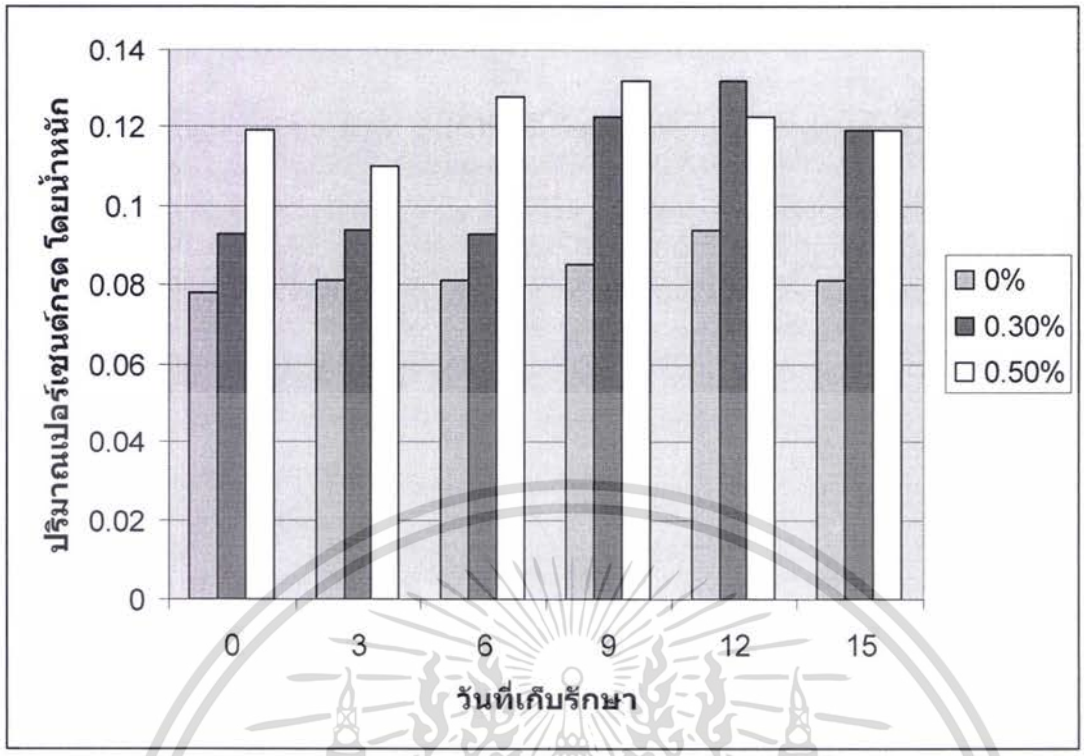
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างไส้กรอกควบคุม (สารสกัดกระเจี๊ยบแดง 0 % ) จะมี pH ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาสูงกว่าตัวอย่างไส้กรอกที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงทั้งสองระดับเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่า pH ของไส้กรอกหมูทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 0, 0.3 และ0.5 % โดยน้ำหนัก มีค่า pH ลดลงจากเริ่มต้น 6.27 , 6.17 , และ 6.20 เป็น 6.06 , 6.00 , และ 5.89 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดได้ เช่น แบคทีเรียแลคติค เจริญมากขึ้นและผลิตกรดออกมาทำให้ pH ของตัวอย่างไส้กรอกหมูลดลง

**ตารางที่ 4.2** เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด (เปรียบเทียบกับกรดซิตริก)ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความ เข้มข้นต่างกัน

| วันที่เก็บรักษา | ปริมาณกรดทั้งหมด (%โดยน้ำหนักเทียบกับกรดซิตริก) ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง | | |
|---|---|---|---|
| | 0% | 0.3% | 0.5% |
| 0 | 0.078 | 0.093 | 0.119 |
| 3 | 0.081 | 0.094 | 0.110 |
| 6 | 0.081 | 0.093 | 0.128 |
| 9 | 0.085 | 0.123 | 0.132 |
| 12 | 0.094 | 0.132 | 0.123 |
| 15 | 0.081 | 0.119 | 0.119 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



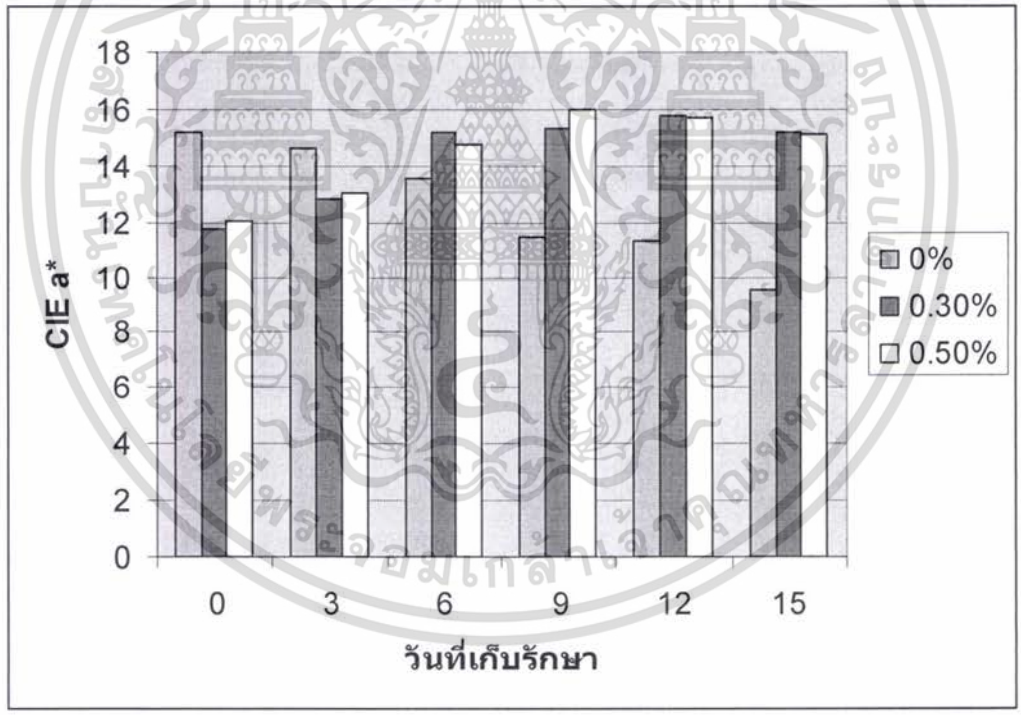

**รูปที่ 4.2** เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด (เปรียบเทียบกับกรดซิตริก)ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความ เข้มข้นต่างกัน

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างไส้กรอกที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น จะมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และเมื่อเติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมากขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไส้กรอกจะสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากความเป็นกรดของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในตัวอย่างไส้กรอกหมูทั้ง 3 ตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในไส้กรอกหมูทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการลดลงของค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า a*)ที่ผิวด้านนอกของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

| วันที่เก็บรักษา | ค่า a* ที่ผิวด้านนอก | | |
|---|---|---|---|
| | ปริมาณสารสกัดกระเจี๊ยบแดง | | |
| | 0% | 0.3% | 0.5% |
| 0 | 15.21 | 11.77 | 12.03 |
| 3 | 14.65 | 12.86 | 13.05 |
| 6 | 13.55 | 15.22 | 14.78 |
| 9 | 11.49 | 15.34 | 15.98 |
| 12 | 11.32 | 15.78 | 15.70 |
| 15 | 9.52 | 15.20 | 15.12 |

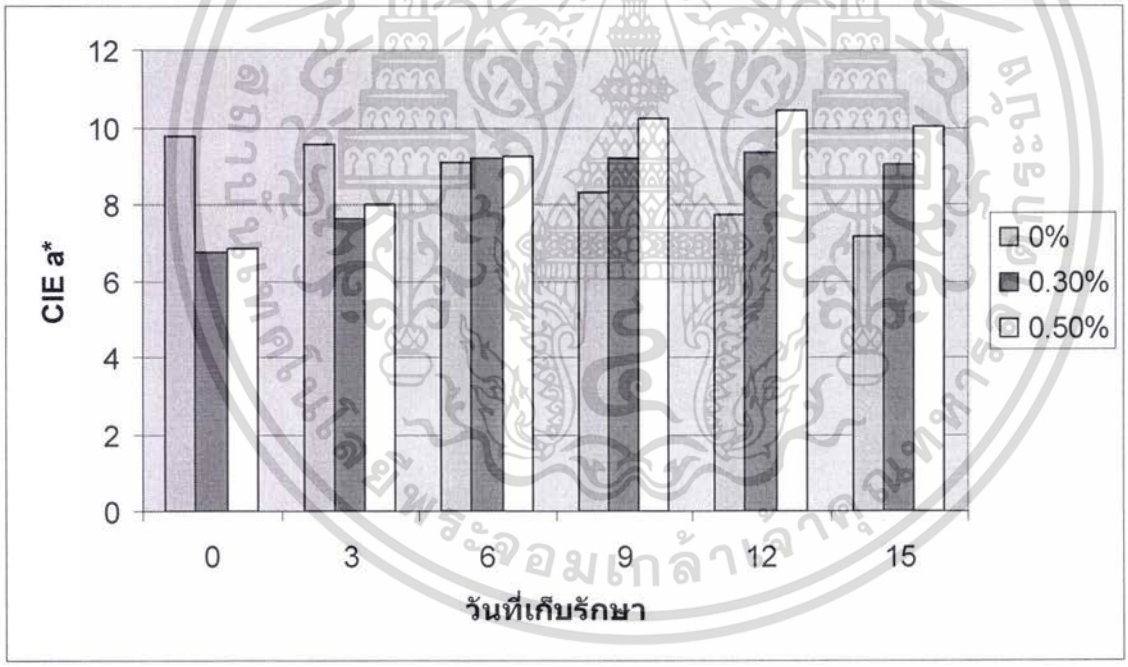



**รูปที่ 4.3** การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า a*)ที่ผิวด้านนอกของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า a*)ที่ผิวด้านในของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

| วันที่เก็บรักษา | ค่า a* ที่ผิวด้านใน | | |
|---|---|---|---|
| | ปริมาณสารสกัดกระเจี๊ยบแดง | | |
| | 0% | 0.3% | 0.5% |
| 0 | 9.79 | 6.75 | 6.88 |
| 3 | 9.56 | 7.63 | 8.01 |
| 6 | 9.08 | 9.18 | 9.23 |
| 9 | 8.32 | 9.22 | 10.21 |
| 12 | 7.75 | 9.35 | 10.44 |
| 15 | 7.16 | 9.03 | 10.03 |




**รูปที่ 4.4** การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า a*)ที่ผิวด้านในของตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ในส่วนผิวด้านนอกของตัวอย่างไส้กรอกหมูในระหว่างการเก็บรักษาดังผลการทดลองในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ชัดว่า ตัวอย่างไส้กรอกควบคุมที่เตรียมได้เริ่มต้นมีค่า a* หรือสีแดงมากกว่าตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงทั้งสองระดับ อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ตัวอย่างควบคุมจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

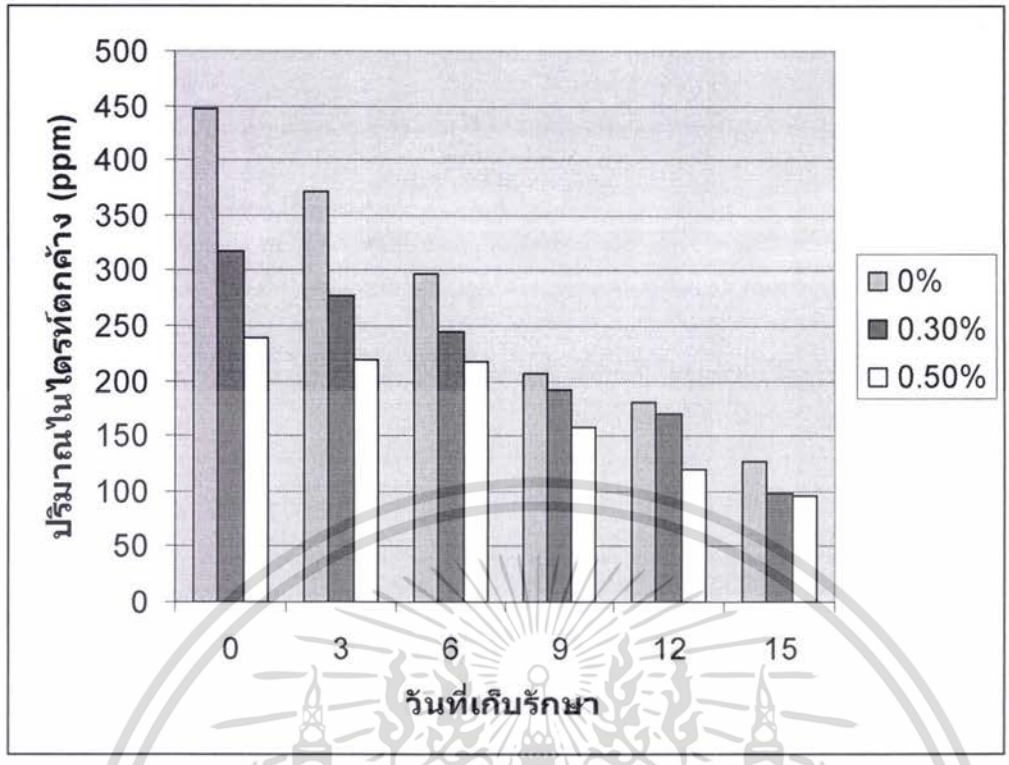
96766

แนวโน้มของค่า a* ลดลง โดยลดลงจากเริ่มต้น 15.21 เป็น 9.52 ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการถูกทำลายของรงควัตถุสีแดงในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับกรณีของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงทั้ง 2 ระดับนี้ พบว่าค่า a* มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีแดงในส่วนของเนื้อไส้กรอกด้านในก็มีแนวโน้มเป็นในทิศทางเดียวกันกับผิวด้านนอก (ตาราง 4.4 และ รูปที่ 4.4 ) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีความเข้มของสีแดงเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้นนั้นไม่สามารถได้แน่ชัด แต่คาดว่าน่าจะเกิดจากรงควัตถุสีแดงแอนโธไซยานินที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดกระเจี๊ยบแดง โดยทั่วไปแอนโธไซยานินจะมีสีแดงเข้มในสภาวะเป็นกรด หรือ pH ต่ำ และสีแดงของแอนโธไซยานินจะลดลงหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน หรือเขียวคล้ำจนถึงสีน้ำตาล ในสภาวะที่เป็นด่าง (Bridle and Timberlake, 1997) จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่า pH ของตัวอย่างไส้กรอกมีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา แสดงว่ามีความเป็นกรดมากขึ้นจึงส่งผลให้แอนโธไซยานินในสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีสีแดงมากขึ้น ตัวอย่างไส้กรอกที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงจึงมีค่า a* เพิ่มสูงขึ้น

**ตารางที่ 4.5** การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ตกค้างในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

| วันที่เก็บรักษา | ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอก ( ppm )ของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง | | |
|---|---|---|---|
| | 0% | 0.30 % | 0.50 % |
| 0 | 446.66 | 317.33 | 238.66 |
| 3 | 370.66 | 276.33 | 219.00 |
| 6 | 296.33 | 244.66 | 217.66 |
| 9 | 207.00 | 191.66 | 158.33 |
| 12 | 180.66 | 171.00 | 118.66 |
| 15 | 126.66 | 98.66 | 95.33 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.5** การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ตกค้างในระหว่างการเก็บรักษาของตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้นต่างกัน

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าไส้กรอกทุกตัวอย่างมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยตัวอย่างไส้กรอกควบคุม มีปริมาณไนไตรท์ลดลงจากเริ่มต้น 446.66 ppm เป็น 126.66 ppm ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณไนไตรท์ตกค้างลดลงได้มากขึ้น โดยไนไตรท์ตกค้างในตัวอย่างไส้กรอกหมูที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 0.3% และ 0.5 % มีปริมาณไนไตรท์ลดลงจากเริ่มต้นเท่ากับ 317.33 และ 238.66 เหลือ 98.66 และ 95.33 ppm ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีประสิทธิภาพ ในการลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมูได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเตรียมไส้กรอกหมูที่มีปริมาณไนไตรท์ 500 ppm และเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง 3 ระดับ คือ 0, 0.3, และ0.5 % โดยน้ำหนัก บรรจุตัวอย่างไส้กรอกที่ได้ในถุง PE และปิดผนึกแบบสุญญากาศ นำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ15 ของการเก็บรักษา มาวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด สี (a*) ของผิวด้านนอกและเนื้อในไส้กรอกและปริมาณไนไตรท์ตกค้าง ซึ่งจากการทดลองพบว่า

1. ไส้กรอกทุกตัวอย่างที่ระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ค่า pH มีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และจะเห็นได้ว่าไส้กรอกที่ใส่สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงที่ระดับความเข้มข้น 0.3 % และ 0.5 % จะมีค่า pH ที่ต่ำกว่าไส้กรอกที่ไม่ใส่สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง

2. ผิวด้านนอกและเนื้อด้านในไส้กรอกหมูที่ไม่ใส่สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงจะมีค่า a* ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นและในทางกลับกันไส้กรอกที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงจะมีสีแดงเข้มขึ้น (ค่า a* เพิ่มขึ้น)

3. ไส้กรอกทุกตัวอย่างมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และไส้กรอกที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณ ไนไตรท์ตกค้างต่ำกว่าไส้กรอกที่ไม่ใส่สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง ซึ่งที่ระดับสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมูลดลงได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง


จินตนา สายสิทธ์.2529.ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ.

ชัยณรงค์ คันธพนิต.2529.วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

นภา โล่ทอง.2529. ปฏิบัติการวิชาจุลชีววิทยาทางอาหาร ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพ.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ .2546.การใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นธรรมชาติในหมูแผ่น.คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ.

AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists, 17th ed. Washington, D.C. : Association of Official Chemist, Inc.

Bridle, P. , Timberlake, C.F. 1997. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. Food Chem. 58(1-2): 103-109

Fernandez-Gines J.M., Fernandez-Lopez J., Sayas-Barbera E., Sendra E., Perez-Alvarez J.A. (2004). Lemon Albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. Meat Science.67 : 7-13.

John, P., Marchal, J.1995. Ripening and Biochemistry of fruit.*in* Banana and Plantains.(Gowen,S.,ed).UK: Chapman & Hall.

Kang H.J., Chawla S.P., Jo C., Kwon J.H., Byun M.W. (2006). Studies on the delvelopement of Functional powder from citrus peel. Bioresource Tech. 97 :614-620.

Lee, MJ., Chou, F.P., Tseng, T.H., Hsigh, M.H., Lin,M.C. and Wang C.J. 2002 .Hibiscus protocatechuic acid or esculetin can inhibit oxidative LDL induced by either copper ion or nitric oxide donor. J. Agric. Food Chem. 50(7):2130-2136.

Magra T.I., Bloukas J.G., Fista G.A. (2006). Effect of frozen and dried leek on processing and quality characteristics of Greek traditional sausages. Meat Sci.72:280-287.

Mishra, M., Shukla, Y.N., Jain, S.P. , Kumar, S. 1999. Chemistry and pharmacology of some Hibiscus spp.- a review. J. Medicinal Aromatic Plant Sci. 21(4): 1169-1186.

Tee, P.L., Yusof, S. Mohamed. 2002 Antioxidative properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in linolic acid model system. Nutr. Food Sci. 32(1):17-20.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tseng, T.H., Kao, E.S. Chu, C.Y., Chou, F.P. Lin Wu, H.W.,Wang, C.J. 1997. Protective effects of dried flower extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. against oxidative stress in rat primary hepatocytes. Food Chem. Toxicol. 35(1): 1159-1164.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol contents)

## การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

**1. สารเคมี**

- Folin- Ciocalteu
- โซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร

**2. การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก**

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.05, 0.15, 0.20, 0.3 และ0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

2.3 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer ) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer ) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

2.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

2.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

**3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างสารสกัด**

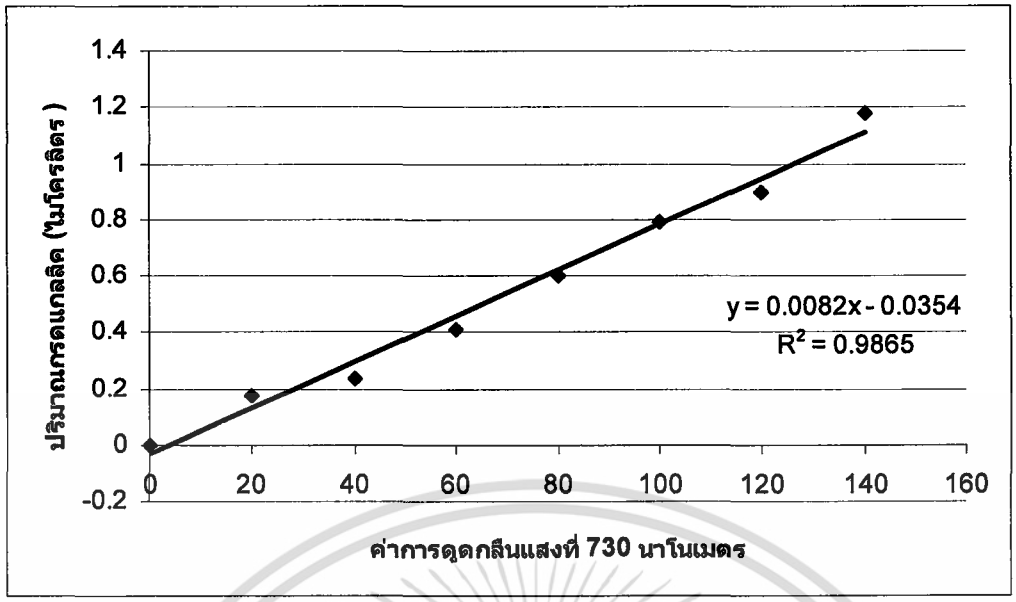
3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 10 มิลลิลิตร

3.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer ) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer ) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ก1** กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟี นอลทั้งหมดในสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข
# การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (เปรียบเทียบกับกรดซิตริก)

## การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด

**1. สารเคมี**

1.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1N.

1.2 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

**2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด**

2.1 ชั่งตัวอย่างไส้กรอก 2.5 กรัม แล้วนำมาบดให้ละเอียด

2.2 เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง นำน้ำที่กรองได้ไปต้มเพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.3 เติมสารละลายฟีนอ์ฟทาลีน 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1 NaOH จนกระทั่งถึงจุดยุติเกิดสีชมพู คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด} = \frac{N \times V \times 64 \times 100}{1000 \times \text{กรัมตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล NaOH

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

64 = มวลโมเลกุลของกรดซิตริก

2.4 ตัวอย่างการคำนวณ

คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไส้กรอก จากสูตรในข้อ 2.3 โดยนำค่าปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในการไทเทรต ในข้อ 2.3 มาแทนค่าในสมการ โดยมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไส้กรอกได้ค่าสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ได้จากการไทเทรต เท่ากับ 0.3 มิลลิลิตร โดยใช้ตัวอย่างไส้กรอกปริมาณ 5 กรัม นำไปแทนค่าในสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด} = \frac{N \times V \times 64 \times 100}{1000 \times \text{กรัมตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด $= \frac{0.1 \times 0.3 \times 64 \times 100}{1000 \times 2.5}$

$= 0.078$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอก

การเตรียมตัวอย่าง

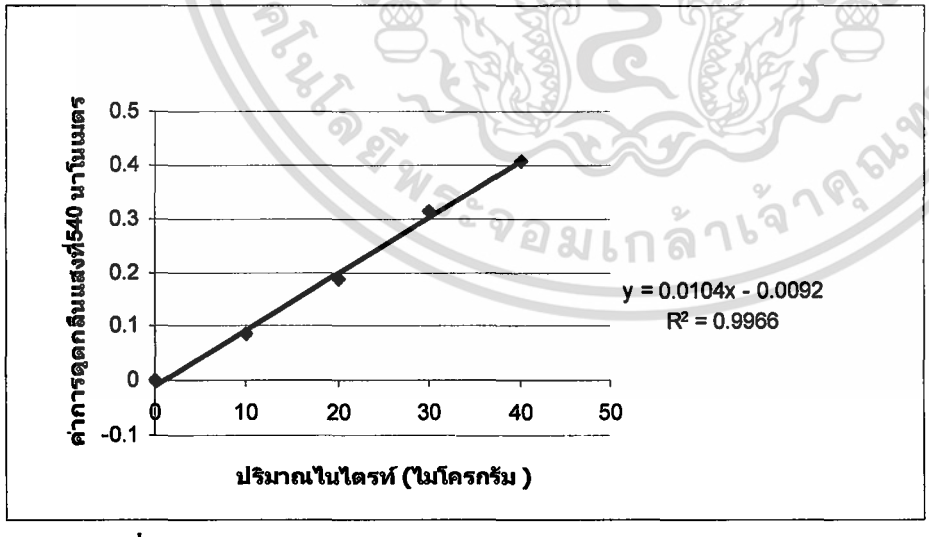
นำตัวอย่างไส้กรอกมาบดแล้วนำมาชั่ง 2.5 กรัม นำมามาใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณ 150 มิลลิลิตร นำไปนึ่งในลังถึง 2 ชั่วโมง โดยคนทุก ๆ 10 นาที นำมาทำให้เย็นโดยใช้น้ำเย็น นำมาถ่ายลงในขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเอาไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 นำสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอก

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

โดยเตรียม working $NaNO_2$ (500ppm) จากนั้นปิเปตสารละลาย $NaNO_2$ มา 0, 1, 2, 3, 4, และ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติม Sulfanimide หลอดละ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม NED หลอดละ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่าง

นำสารละลายที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างไส้กรอก ปิเปตมา 4.0 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติม Sulfanimide หลอดละ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม NED หลอดละ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร




**รูปที่ ค1** กราฟมาตรฐานสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตัวอย่างการคำนวณ**

คำนวณปริมาณไนไตรท์ตกค้างในตัวอย่างไส้กรอกหมู โดยนำค่าความเข้มแสงที่ได้จากการวิเคราะห์ มาคำนวณโดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานของ $NaNO_2$ โดยมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในตัวอย่างไส้กรอกหมูควบคุม ได้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.177 เมื่อนำไปแทนในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน คือ $y = 0.0104x - 0.0092$ ดังนั้น ค่า $x = 17.90$ ไมโครกรัม

เนื่องจาก ปิเปตสารละลายที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างไส้กรอกมา 4 มิลลิลิตร นั่นคือ มีปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่าง เท่ากับ 17.90 ไมโครกรัม

ถ้าสารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างไส้กรอกหมูทั้งหมด 250 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์ตกค้าง $(17.90 / 4) \times 250 = 1118.99$ ไมโครกรัม

โดยที่สารละลายตัวอย่างไส้กรอก 250 มิลลิลิตร นั้นมาจากไส้กรอกหมูเริ่มต้น 2.5 กรัม

ดังนั้นไส้กรอกหมู 2.5 กรัม จึงมีปริมาณไนไตรท์ตกค้าง 1118.99 ไมโครกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 447 ไมโครกรัม / กิโลกรัม หรือ ppm นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้